

補助事業番号 2020M-177

補助事業名 2020年度 汎用型液中プラズマ発生装置の開発 補助事業

補助事業者名 愛媛大学大学院 理工学研究科 野村信福

## 1 研究の概要

本事業では、家庭用電子レンジに使用されているマグネトロンを活用し、そこから照射される電磁波が導波管を経由しないで直接反応場に誘導することによって両者を一体化させ、家庭用電子レンジの大きさを持つ、液中プラズマ発生装置を開発する。市販されている家庭用の電子レンジを使えば、電子レンジ内部でプラズマを発生させることは可能であるが、水などの誘電体の中でプラズマを発生させることはできなかった。このため、電子レンジ内部のマグネトロンから発振される電磁波を、専用電極で受信し、電子レンジ外部に設置した反応容器でプラズマを発生させる装置を開発した。

## 2 研究の目的と背景

プラズマ発生には高電圧を印加できる大型で高価な電源と、GHz帯のマイクロ波を発生させるには、マイクロ波を伝播させる矩形管の利用が一般的であった。このため、マイクロ波伝播の損失やインピーダンスマッチングなど、装置構成には煩雑な作業が必要であり、市販装置では初期投資が高くなるという問題があった。また、特殊なアンテナを使えば、液中プラズマを安価な電子レンジの調理室内で発生させることができるが、水などの誘電体は電磁波のエネルギーを吸収してしまうので、液体がプラズマ化できず、利用できる液体は油などの一部の液体に限られていた。

申請者は、電子レンジに搭載されているマグネトロンに着目、このマグネトロンから発振された電磁波を損失なく液体中に伝えることができれば、小型で安価な液中プラズマ発生装置ができるのではないかと発想に至った。本事業では、家庭用電子レンジ等に搭載されているマグネトロンを活用し、そこから照射される電磁波が導波管を経由しないで反応場に直接誘導することで両者を一体化させ、家庭用電子レンジの大きさを持つ、液中プラズマ発生装置を開発する。これによって、燃料生成、材料合成、水質浄化などの各種プラズマ応用技術実験が、低価格の装置によって、卓上で実施することが可能になる。また、マグネトロンの複数の組み合わせによって、大出力の装置に転換することもできる。

## 3 研究内容

汎用液中プラズマ装置およびリアクター製作

<https://www.me.ehime-u.ac.jp/labo/kikaiene/netubutu/index.html>

汎用液中プラズマ装置として、卓上型と汎用型の2台の液中プラズマ装置を開発した。このため、マグネトロンとプラズマ発生用電極の共振器の最適化設計を行い、電磁波損失を最小限にして、マイクロ波を反応炉へ供給できる液中プラズマ装置を製作した。従来、

2. 45GHzマイクロ波プラズマの発生には、高価な発振電源と導波管が必要であったが、マグネトロンと発生電極を一体化する構造とすることで、安価で高出力の液中プラズマ発生装置の開発に成功した。

写真1は「卓上型液中プラズマ発生装置」である。マイクロ波発振部には、電子レンジに搭載されているマグネトロンを利用しています。電源はAC100V、最大出力は600Wである。上部のリアクター部分は用途に応じて変更できる。出力電力調整は、入力電圧(70V~100V)で調整できる。このユニット単体で液中プラズマが発生する。



写真1：卓上型液中プラズマ装置（最大出力200W）：装置価格原価：50万円

写真2は「卓上型液中プラズマ発生装置」は、2kW出力のマグネトロンを搭載している。3相200V、最大出力は2kWである。大出力のマイクロ波プラズマを、導波管を経由することなく簡単に発生させることができる。基本構成は卓上型と同じである。安全面を最重要視し、マグネトロンと電源(下部)は直結している。マイクロ波の漏洩も工業基準をクリアしている。



写真2：汎用型液中プラズマ装置(最大出力2kW)：装置価格原価：90万円

製作した液中プラズマ発生装置を用いて、水素生成実験を実施した。水素ガス1m<sup>3</sup>生成に必要なエネルギー量を水素生成効率 (Nm<sup>3</sup>/kWh) としてまとめた結果を図1に示す。図中②、④、⑥が本事業で開発された装置での実験結果であり、過去の実験結果<sup>(1)(2)</sup>と比較している。n-dodecaneの分解実験では同程度以上、メタノール分解実験でも同程度の水素生成効率を得ている。

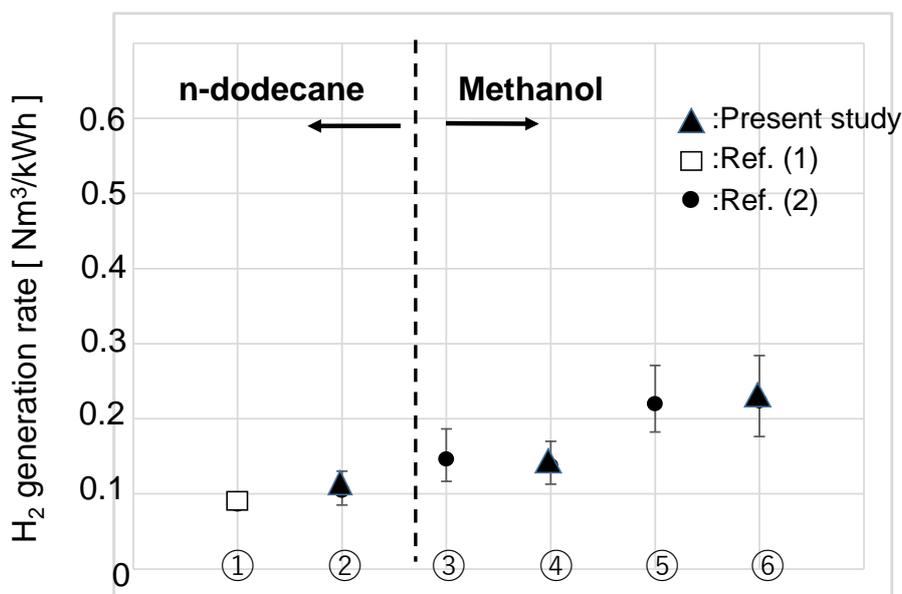


図1:水素製造効率の比較

本事業によって、電源出力1kWあたりの出力50万円以下で、市販の液中プラズマ装置と同程度以上の分解能力（水素分解効率で0.2m<sup>3</sup>/kWh以上）を持つ液中プラズマ装置が完成した。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業により開発された液中プラズマ装置は、一体型で容易に持ち運びが可能である、「卓上型液中プラズマ装置」と、本格的な液中プラズマ実験や実機への適用が可能である、「汎用型液中プラズマ装置」の2台である。今後の量産型への対応次第であるが、卓上型は、装置原価で10～15万円以下での製作が可能であると考えており、将来、家庭用の殺菌、滅菌、ゴミ処理装置などとしての利用や、中学・高校の科学でのプラズマ実験教材としての展開が考えられる。

一方、汎用型は、出力が2kWと大きいので、再生可能エネルギーとの組み合わせによって、材料合成や、半導体製造、水処理技術、燃料ガス生成など、カーボン・ニュートラル社会に適用できる装置として、導入されていくことが期待できる。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者らは液体中にマイクロ波や高周波を照射させて液体中の気泡の中にプラズマを発生させる、液中プラズマ法を開発し、研究を進めてきた。2011年にはこの方法によって水素を回収し、市販の水素自動車を走らせた。14年には人力で飛ぶ「人力飛行機」に燃料電池を積み、燃料電池の力だけで16秒間、飛行させることにも成功した。この研究を発展させ、2016年JKA補助事業には、液中プラズマによって廃棄物から水素燃料と有価物を取り出す効率を高める研究に取り組み、その成果をもとに、2018年にベンチャー企業「株式会社環境エネルギー・技術研究所」を設立し、装置の事業化を検討していた。2020年、ステップアップ研究に採択され、汎用型液中プラズマ装置の開発を進め、装置を完成させた。今後、様々な安全性の確認実験と、製造コストの更なる削減、知財関係を整理した後、ベンチャー企業を通して、製品販売に持っていく計画である。すでに、中国から当該装置を組み込んだプラント建設の打診がある他、材料メーカーが装置の導入に前向きな姿勢であり、環境ビジネス市場の注目度は高く、液中プラズマの新たな市場・用途展開が拓けてきている。

## 7 補助事業に係る成果物

### (1)補助事業により作成したもの

装置完成報告として、写真1, 写真2を研究室ホームページに掲載

<https://www.me.ehime-u.ac.jp/labo/kikaiene/netubutu/index.html>

### (2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 愛媛大学大学院 理工学研究科

生産環境工学専攻 熱及び物質移動学研究室

(エヒメダイガクダイガクイン リコウガクケンキュウカ

セイサンカンキョウコウガクセンコウ

ネツオヨビブッシツイドウガクケンキュウシツ)

住 所： 〒790-8577

愛媛県松山市文京町3

申 請 者： 教授 野村 信福 (ノムラ シンフク)

担 当 部 署： 工学部 (コウガクブ)

E - m a i l : [nomura.shinfuku.mg@ehime-u.ac.jp](mailto:nomura.shinfuku.mg@ehime-u.ac.jp)

U R L : <https://www.me.ehime-u.ac.jp/labo/kikaiene/netubutu/index.html>